

<寄書>重液選鑛に於ける重液の汚濁と分離成績に就いて

著者	高草木 政英
雑誌名	東北大学選鑛製錬研究所彙報
巻	6
号	2
ページ	221-226
発行年	1951-03-25
URL	http://hdl.handle.net/10097/32057

重液選鑛に於ける重液の汚濁と分離成績に就いて

高 草 木 政 英*

Contamination of Heavy Fluid and Results of Separation in Heavy-Fluid Separation. By Masahide TAKAKUSAGI.

In this study, it has been examined how the results of sink-and-float separation are affected when the heavy fluid is contaminated by coarse sized slime in heavy-fluid separation. The results of the study are as follows:—

(1) In the heavy fluid, in which ferro-silicon is used as medium solid, the effect of contamination by coarse sized slime, i. e. 45 % plus 48-mesh and 4 % minus 200-mesh size, on the results of sink-and-float separation is scarcely found up to 13 % by weight of contamination by the slime. In regard to separation, the allowable quantity of contamination by slime may be supposed to be below 15 % by weight.

(2) The volume fraction which is allowable to be occupied by medium solid is up to 45 % or so. Above this limit, however, the results of sink-and-float separation are lowered, as the fluidity of the heavy fluid decreases.

(3) The viscosity of heavy fluid to be preferred is below 1.6 in specific viscosity. Above this limit, the results of separation are lowered.

(Received Nov. 22, 1950)

1. 緒 言

重液選鑛法は固體粒子を水中に懸垂せしめた擬重液を作り、鑛石の選別分離を企てるのであるが、分離の正確度は重液の粘性に影響される點が大きい。故に重液選鑛の基本的處理段階とし、給鑛調整は操業の一部門を占め鑛石に附着する一次スライム及び粘土、或は鑛物微粒子等重液汚濁物質の除去をはかり、次の浮沈分離段階に於ける重液の粘性軽減に努めてゐる。然し乍ら給鑛の調整段階に於て洗滌を充分に行つてもスライムを完全に除去することは困難にして、事實上は粘土塊が鑛石と共に重液選鑛設備に送られ、重液を汚濁し粘性を増す傾向にある。従つて汚濁重液は清淨回路に於て絶えず清淨なものとし繰返し使用するような方法が採られてはゐるが、操業中の重液は多少に拘らず絶えず汚濁の状態を呈してゐる。従て重液の汚濁が浮沈分離成績に如何なる影響を及ぼし、どの程度の汚れ迄許容し得るか、重液の汚濁即ち粘性と選別効率との關係を察知することは、重液選鑛の操業を確實に行ふ見地から早急に解決を要する問題の一つである。

從來懸濁液の粘度及び安定度に就ては多くの人達により研究され、その報文も見られるが、重液選鑛に於ける固體懸垂液の粘性と安定度の研究は二三の發表が見られるに過ぎず。従て重液の粘性が浮沈選別効率に如何なる影響を與へるかの問題に至つては研究報文が殆んど見られない。従て重液の汚濁と分離度の關係に就て糺明せんと試みたが、擬重液の粘度測定器に就ては完全なるものが見當らない現状である。従て現場の實驗室に於て行つた甚だ拙速なる試験結果ではあるが、敢て茲にその概要を報告し、識者の批判と御指導を乞ふ次第である。

2. 試 験 方 法

(a) 浮沈試験試料の調製

本試験に使用せる鑛石試料は足尾鑛山産の石英粗面岩、並びに珪岩中の各種試料より、固體比重の僅かづゝ異なつた 57 種の試料を採集し、これを 30 mm 大に碎き、稜角の比較的多い代表的試料一個宛を撰定し、エナメルにて番號を附し予め見掛上の固體比重を測定し、これを浮沈試験原鑛とした。夫等試料の固體比重は Table 1 の如くである。

選鑛製鍊研究所 第 4 回選鑛研究委員會發表

* 古河鑛業株式會社 足尾鑛業所 研究課副課長兼選鑛課技術係長

1) Taggart, A. F.: Handbook of Mineral Dressing. (1945), 11—106.

衛藤重孝: 選鑛叢 5 (1949), No. 1, 6—14.

Table 1 Apparent Specific Gravity of Ore Samples Used in Float-and-Sink Test.*

No.	Sp. Gr.	No.	Sp. Gr.	No.	Sp. Gr.	No.	Sp. Gr.	No.	Sp. Gr.
1	2.4458	14	2.5900	28	2.6170	40	2.6520	52	2.6750
2	2.4579	15	2.5913	29	2.6220	41	2.6522	53	2.6786
3	2.4629	16	2.5919	30	2.6228	42	2.6570	54	2.6832
5	2.5120	17	2.5921	31	2.6270	43	2.6580	55	2.6850
6	2.5129	18	2.5930	32	2.6308	44	2.6600	56	2.6879
7	2.5253	20	2.5972	33	2.6310	45	2.6630	57	2.6925
8	2.5370	22	2.5780	34	2.6390	46	2.6634	58	2.7051
9	2.5413	23	2.6026	35	2.6410	47	2.6680	59	2.7112
10	2.5632	24	2.6028	36	2.6427	48	2.6700	60	2.7156
11	2.5701	25	2.6100	37	2.6430	49	2.6702		
12	2.5714	26	2.6114	38	2.6460	50	2.6730		
13	2.5890	27	2.6115	39	2.6490	51	2.6741		

* Samples No. 4, 19 and 21 were omitted because of their specific gravities.

(b) 重液の調製

メデウムとしては關東電氣工業株式會社産の珪素鐵を使用した。Fe 67%, Si 18% 内外にして固體比重は 6.27 であつた。重液の汚濁物質としては當所の浮選廢石を使用し重液選鑛の現操業に於て、原鑛に伴はれて混入するスライムに近い細度に調製した。このスライムの固體比重は 2.65 にして細度は Table 2 に示す如くである。

Table 2 Screen Analyses of Ferro-Silicon and Slime.

Size (Mesh)	Ferro-Silicon		Slime	
	Wt. (%)	Cumulative Wt. (%)	Wt. (%)	Cumulative Wt. (%)
+48	—	—	45.26	45.26
48~65	2.85	2.85	16.32	61.58
65~100	6.64	9.49	9.64	71.22
100~150	15.89	25.38	6.48	77.70
150~200	20.42	45.80	4.51	82.21
-200	54.20	100.00	17.79	100.00

(c) 浮沈分離試験機

浮沈分離試験機は直徑 1 ft の頂部開放式圓錐型にして、沈鑛は徑 2 in の外部式エヤーリフトによりジンマー型沈鑛スクリーンに導き、重液と沈鑛とに分離する。重液は自然流により浮沈分離槽に繰返し、沈鑛は容器に受ける。浮鑛は重液と共に溢流しジンマー型浮鑛スクリーンにて重液と浮鑛とに分離し、重液はスクリーン直下のサンプに貯へ、これよりエヤーリフトにより浮沈分離槽に繰返し、浮鑛試料は容器に貯へる。本試験器を使用し浮鑛重液の循環量を一定とし、最初は珪素鐵のみをメデウムとして試験を行ひ、次にスライムの混合割合を増加して重液を漸次汚濁し比較試験を施行した。

3. 重液の汚濁と浮沈分離成績の決定

(a) 試験成績の決定

試験は最初珪素鐵をメデウムとした重液を使用し、試験試料を給鑛し、沈鑛並びに浮鑛個数を調査し、次にスライムを Table 3 の如き割合に添加し、同様な試験を施行した。即ち固體比重既知の原鑛が重液の汚濁に伴つて浮沈の差がどう變化するかによつて比較成績を算定した。

Table 3 Weight Per Cent of Ferro-Silicon and Slime in Heavy Fluid.

	Kind of Heavy Fluid							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Wt.% {Ferro-silicon	100	95.53	91.79	86.79	82.28	78.33	73.72	67.46
Slime	0	4.47	8.21	13.21	17.72	21.67	26.28	32.54

(b) 重液の粘度測定

重液の粘度測定は現場操業にて簡便に應用し得るよう考慮し、最も簡単な方法を選んだ。即ち浮沈分離試験機に於ける頂部と底部の比重差は 0.005 程度にして概して均一に分布されてゐると見做し得るので、粘度測定は Engler 又は Engler-Ubbelohde 氏等の方法を應用し、本試験に於ては 100 cc の重液が流出するのに要する時間を、水 100 cc が流出するに要する時間で除した値を比粘度とした。その測定方法は Fig. 1 に示す如く分離槽に於ける一定の深さに硝子製サイホンを挿入し、一定条件下で重液を流出せしめこれを 100 cc のメスシリンダーに受け、これに要した時間をもとに比粘度を求めた。水の温度は 10°C にして重液の温度は約 2°C 高かつたが温度の補正は行はなかつた。従て正確なる粘度ではなく粘性の比較に過ぎないのは勿論である。

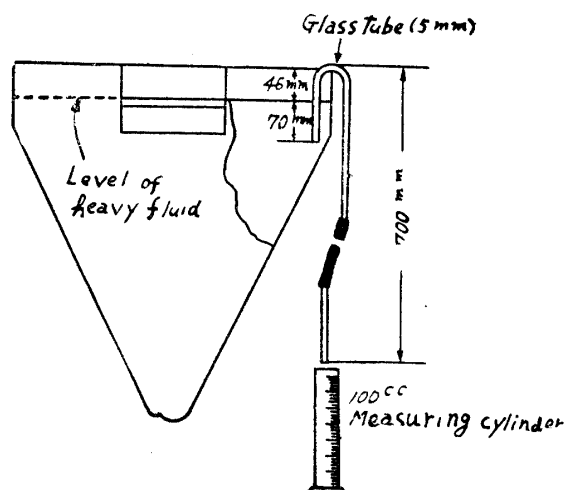


Fig. 1 Method of Measuring Viscosity of Heavy Fluid.

(c) 汚濁重液の條件

重液を漸次汚濁した場合の諸條件を示せば Table 4 の如くであり、尙粘性の比較値を示せば Table 5 の如くである。

Table 4 Conditions of Contaminated Heavy Fluid.

Kind of Heavy Fluid	Ferro-Silicon		Slime		Heavy Fluid			
	Wt. %	Volume %	Wt. %	Volume %	Sp. Gr. of Medium	% Solid	Volume % of Solid	Sp. Gr. of Heavy Fluid
A	100.00	100.00	0	0	6.27	72.9	30.78	2.583
B	95.53	90.00	4.47	10.00	5.93	73.8	36.53	2.587
C	91.79	81.34	8.21	18.66	5.62	74.7	41.69	2.591
D	86.79	73.50	13.21	26.50	5.33	75.5	46.54	2.584
E	82.28	66.23	17.72	33.77	5.05	76.5	49.98	2.589
F	78.23	60.43	21.67	39.57	4.84	77.3	53.46	2.585
G	73.72	54.24	26.28	45.76	4.61	78.2	56.41	2.582
H	67.46	46.69	32.54	53.31	4.34	79.8	60.47	2.589

Table 5 Specific Viscosity of Heavy Fluid.

	Kind of Heavy Fluid								
	Water	A	B	C	D	E	F	G	H
Outflow time (sec)	7.4	10.4	11.0	11.6	12.5	14.0	17.4	21.2	25.2
Viscosity	1.000	1.405	1.486	1.568	1.689	1.892	2.351	2.865	3.405

(d) 浮沈分離成績

重液比重を大體 2.58 の一定値に調整し、以上の試験方法により新鮮重液を漸次汚濁し比較試験を行つた結果を總括成績として示せば Table 6 の如くである。

此の結果を見るに珪素鐵單獨試験 A に比較し、スライムを僅かに混入した B, C, D 程度までは分離上の成績は大差が認められない。然るに E 即ち 17.7% スライムに至つては沈下すべき試料の一部が浮上し、F 即ち 20% スライム以上に達すれば此の傾向が顯著に現はれてくる。G 即ち 30% スライム以上に至れば浮沈は頗る亂調となり、分離は不可能に陥るものゝ如くである。尙此の場合重液表面に浮上する鑛石の状態は Fig. 2 に示した如く、A に於ける浮上鑛は重液表

Kind of Heavy Fluid		A		B		C		D		E		F		G		H	
Slime Wt. %	Vol. % of Medium	0	20.78	4.47	36.53	8.21	41.69	13.21	46.54	17.72	49.98	21.67	53.46	26.28	56.41	32.54	60.47
Viscosity	Sp.Gr. of Heavy Fluid	1.405	2.583	1.486	2.587	1.568	2.591	1.689	2.584	1.892	2.589	2.351	2.585	2.865	2.582	3.405	2.589
No. of Sample	Sp. Gr. of Solid	Float	Sink	Float	Sink	Float	Sink	Float	Sink	Float	Sink	Float	Sink	Float	Sink	Float	Sink
1	2.4458	○		○		○		○		○		○		○		○	
2	2.4579	○		○		○		○		○		○		○		○	
3	2.4629	○		○		○		○		○		○		○		○	
5	2.5120	○		○		○		○		○		○		○		○	
6	2.5129	○		○		○		○		○		○		○		○	
7	2.5253	○		○		○		○		○		○		○		○	
8	2.5370	○		○		○		○		○		○		○		○	
9	2.5413	○		○		○		○		○		○		○		○	
10	2.5632	○		○		○		○		○		○		○		○	
11	2.5701	○		○		○		○		○		○		○		○	
12	2.5714	○		○		○		○		○		○		○		○	
13	2.5890	○		○		○		○		○		○		○		○	
14	2.5900	○		○		○		○		○		○		○		○	
15	2.5913	○		○		○		○		○		○		○		○	
16	2.5919	○		○		○		○		○		○		○		○	
17	2.5921	○		○		○		○		○		○		○		○	
18	2.5930	○		○		○		○		○		○		○		○	
20	2.5972	○		○		○		○		○		○		○		○	
22	2.5980	○	●	○		○	●	○	●	○		○	●	○	●	○	●
23	2.6026	○		○		○		○		○		○		○		○	
24	2.6028	○		○		○		○		○		○		○		○	
25	2.6100	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
26	2.6114	○		○		○		○		○		○		○		○	
27	2.6115	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
28	2.6170	○		○		○		○		○		○		○		○	
29	2.6220	○		○		○		○		○		○		○		○	
30	2.6228	○		○		○		○		○		○		○		○	
31	2.6270	○		○		○		○		○		○		○		○	
32	2.6308		●		●		●		●		●		●		●		●
33	2.6310		●		●		●		●		●		●		●		●
34	2.6390		●		●		●		●		●		●		●		●
35	2.6410		●		●		●		●		●		●		●		●
36	2.6427		●		●		●		●		○		●		○		●

面より僅かに沈下した状態に位置し、浮鑛重液が溢流するに及んで初めて認められる。然るに D 即ち 13% スライムに於ては浮上鑛の一部は重液表面に露出した状態を呈し、E 即ち 17.7% スライムに及んでは此の現象が顕著に認められた。

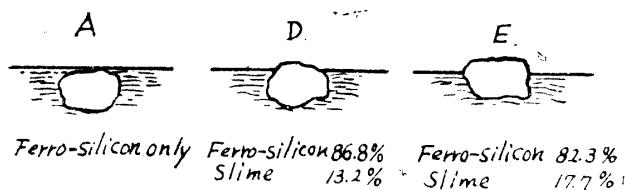


Fig. 2 Sketch of Ore Particles Floating in Heavy Fluid of Varying Contents of Slime.

4. 重液の汚濁と分離度の関係

浮沈分離に際し選別効率の算定法に就ては當嵌め得る一定な公式が見當らないため、一應次の方法によつて浮沈効率を算出して見た。本試験に於て固體比重 2.627 以下の試料は完全に浮上すると見做し、固體比重 2.631 以上の試料は完全に沈下すると假定し、試験上の浮沈個数より次の方法により効率を求めた。即ち固體比重 2.627 以下の試料を T とし、固體比重 2.631 以上の試料を M とし、浮鑛及び沈鑛率を次の算式によつて算出した。

$$\text{浮鑛率}\% = \frac{T \text{全個数} - \text{沈下個数}}{T \text{全個数}} \times 100$$

$$\text{沈鑛率}\% = \frac{M \text{全個数} - \text{浮上個数}}{M \text{全個数}} \times 100$$

Table 7 Percentages of Float and Sink in Various Kinds of Heavy Fluid.

Weight%	Kind of Heavy Fluid							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Float	89.29	85.71	71.44	78.57	64.29	60.71	82.14	92.86
Sink	100.00	100.00	100.00	100.00	89.66	82.76	72.41	55.17

以上の算式による計算値は Table 7 に示し、粘性並びにメデアムの容量百分率と浮鑛及び沈鑛率の関係を圖示すれば Fig. 3 の如くである。本試験に於て正しい浮沈分離が行はれたとすれば浮鑛並びに沈鑛率は 100% になる程である。従て此の値が減少する程、浮沈分離は不完全になることを意味する。Fig. 3 によつて見るに 13% スライム以下の場合に於ける沈鑛率は 100% の値を示し、理論上沈むべき試料は正しく沈下の傾向を示す。然し乍ら 15% スライム以上に於ては沈下すべき試料の一部が浮上するため沈鑛率は低下する。尙スライムの量が増すに従てこの傾向が顕著に現れてゐる。浮鑛率に就て見るにスライムの混合割合が増加するに従ひ浮鑛率は不規則な値を示し、低下する傾向が認められる。20% スライム以上に達し浮鑛率が急激に上昇の傾向を示すことは、重液の粘性が増大し撰擇的浮沈分離が不可能に陥ることを意味するものと考察せられる。

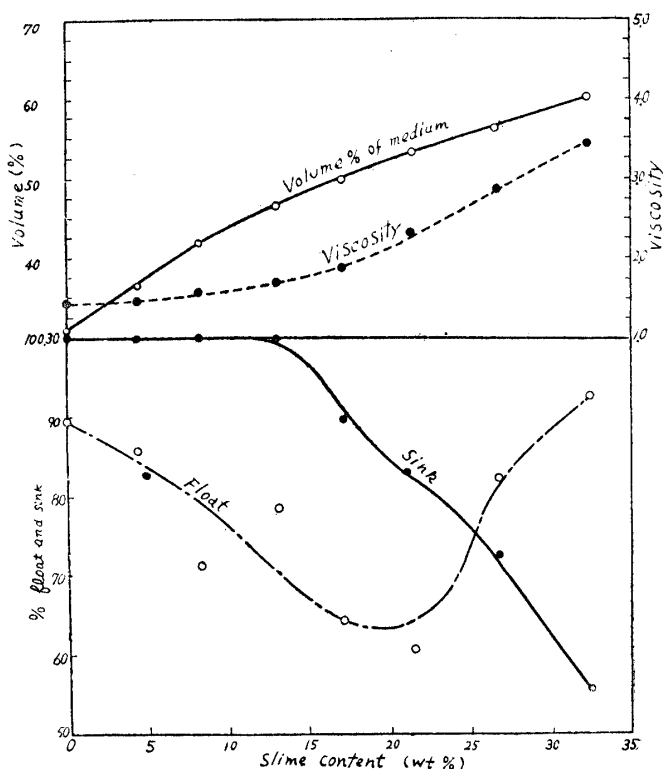


Fig 3 Relation between Float-and-Sink Separation and Contamination of Heavy Fluid.

スライムの混入量が増加すれば水に對しメデアムの占める容積は増大し、重液の流動性は低下し、粘性は勿論高くなるであらう。從來の報文²⁾によれば重液選鑛法に於けるメデアムの固體含有率は容積に於て 40% 以上に達すれば、浮沈分離は満足に行はれなくなると報じている。本試験結果よりメデアムの容積割合と分離成績の關係を檢討するに、沈むべき試料の完全沈下はスライムの混合割合が 13% 以下の割合であり、13% スライムの汚濁重液に於てメデアムの占める容積割合は約 45% である。故に重液を理想的條件下で操業せんとすれば、メデアムの容積割合は 46% 以下であることが要求され、從來の説と大體一致する。此の場合比粘度に就て見れば水に對し 1.60 以下であることが望ましい。

5. 總 括

(1) スライムによる重液の汚濁と分離の成績の關係は、13% 以下なれば新鮮重液に比し分離成績は大差が認められない。重液選鑛を理想的に操業せんとすればスライムの許容量は 15% 程度迄とならう。

(2) メデアムの固體含有率は容積に於て 45% 程度は許容し得るも、それ以上に達すれば重液の流動性は低下し浮沈分離成績は低下する。

(3) 重液選鑛の現場操業に於て重液の汚濁状態を調査する簡便法としては、Engler の粘度測定法を應用することも一方法である。勿論正確なる粘度値を求められないとしても操業上の指針となる。即ち浮沈分離槽より一定のサイホンを用ひて一定量の重液を流出し、これに要する時間を同一方法で水が流出するに要する時間で除した値を粘度とすれば重液の汚濁程度が數字的に比較出来る。本試験結果によれば粘度値は 1.60 以下なることが望ましい。

6. 結 語

我國に於て重液選鑛法の併用は最近のことであり、本法を完全に驅使するためには、解決すべき問題が多々残されてゐる。その一つとして重液の汚濁があり、操業中の重液は多少に拘らず汚濁を免れ得ない現状である。重液の汚濁と分離度の關係に就ては、汚濁物質の性質、細度等により影響を受け、尙粘性と分離度の關係は給鑛の大きさによつても變化するものと推考せられる。本試験に於ては比較的粗粒のスライムにより汚濁し、重液比重も 2.58 の一定値に就て行つた拙速なる試験結果である。従て本問題に就ては試験上不備な點多く、尙今後解決すべき點が多々残されてゐる事は論を俟たない。然し乍ら重ら重液選鑛の現場操業に於ては重液の汚濁をどの程度迄許容し得るか、早急に知悉したい必要に迫られてゐるため、甚だ拙速なる結果ではあるが敢て茲にその概要を發表した次第である。従て著者自身この結果を以て満足するものに非ず、引續き研鑽し本問題の糾明に當る考へなれば、尙一層識者の指導鞭撻と御支援を乞ふ次第である。本研究の遂行に當つては選鑛課技術係、伊與民和君の熱心なる協力の勞を感謝する。

2) Wuensch, C. Erb: Eng. Mining. J. 134 (1923), 320—321.